A ORIGEM DA VIDA NA

Pesquisas recentes mostram como uma molécula inanimada e muita seleção natural podem ter dado origem à vida no planeta. E indicam onde buscá-la Universo afora.

Texto *Bruno Vaiano*
Ilustração e design *Yasmin Ayumi*
Edição *Alexandre Versignassi*

DA

A

TERRA

(E FORA DELA)

DA PRAIA, DÁ PARA VER DOIS HORIZONTES. O que você conhece é a fronteira entre o mar e o céu. O outro, mais sutil, é o próprio céu. Os astrônomos que estudam grandes distâncias se deparam com o seguinte problema: mesmo considerando a possibilidade de que o Universo não seja infinito, ele ainda é bastante grande. De modo que há muitas estrelas que ficam mais longe do que a distância que a luz foi capaz de percorrer desde que o Universo nasceu.

Essas estrelas são invisíveis. Não só para os seus olhos, mas para qualquer equipamento. Mesmo um telescópio de nitidez infinita seria incapaz de enxergá-las. O nome dessa fronteira entre o visível e o além é *horizonte cósmico*.

Ainda bem que não faltam coisas para ver dentro do Universo observável: ele contém algo entre 4,2 trilhões e 5,3 trilhões de planetas em zonas habitáveis. Isso dá entre 600 e 700 planetas para cada habitante da Terra. Desses planetas, 300 bilhões (cerca de 5%) estão na órbita de estrelas como o Sol. ❶ Um planeta em zona habitável é o que está nem tão próximo de sua estrela que a água evapore, nem tão longe que ela congele.

Isso é porque água líquida é imprescindível para a vida como a conhecemos. A molécula de H_2O tem uma extremidade com carga negativa – que atrai moléculas e íons positivos. E outra com carga positiva – que atrai os negativos. Assim, consegue diluir e transportar quase qualquer substância.

A uma distância relativamente curta da Terra – 10 parsecs, ou o que a luz é capaz de percorrer em 33 anos e uns meses – há mais de 160 planetas que podem conter água em estado líquido;

destes, nove estão em estrelas similares à nossa. Conclusão? É muito improvável que estejamos sozinhos. Dado que a Terra tem 4,5 bilhões de anos de idade e a vida emergiu assim que houve condições, há cerca de 4 bilhões de anos, é bem mais lógico supor que a origem da vida seja um processo que se repete por aí, várias e várias vezes.

Para encontrar vida – e reconhecê-la como tal –, precisamos saber o que exatamente ela é, e em que condições ela surge. São perguntas difíceis. Para respondê-las, só há um ponto de partida possível: a origem e a definição da vida no nosso planeta, a Terra. Vamos nessa.

O que é vida?

O fogo é semelhante à vida. Corte seu suprimento de oxigênio e ele cessa. Ele deve ser alimentado, e apaga quando o combustível se esvai. Como um animal faminto, um incêndio florestal se satisfaz ao consumir seres vivos. Nas palavras do biólogo Richard Dawkins, "Como faziam com os lobos, nossos ancestrais podiam capturar um filhote de fogo e domesticá-lo como um útil animal de estimação, alimentá-lo regularmente e limpar suas excreções de cinza". ❷

Por que, então, sabemos intuitivamente que o fogo não está vivo? Há uma lista de pré-requisitos que define se algo pertence ao mundo inanimado? De certa forma, há. Seres vivos, por exemplo, são capazes de se reproduzir. Em princípio, seria possível encarar uma fagulha como uma semente de fogo, que inicia um novo foco em outro fardo de capim seco. Mas não é suficiente: um ser vivo, quando se reproduz, gera filhotes com as mesmas características que ele. O nome disso é hereditariedade.

O fogo não contém nem transmite informação hereditária. Não há nada que torne um fogo intrinsecamente diferente de outro. Mude a substância química que serve de combustível à chama e ela assume qualquer cor. Um incêndio também cresce indefinidamente quando é estimulado. Já um dálmata não muda de cor quando mudamos seu alimento, nem cresce 50 metros se lhe dermos comida suficiente. Mesmo que lhe cortem a cauda ou lhe pintem de azul, suas crias ainda nascerão com bolinhas pretas e rabo.

Há algo em um cão que o impede de ser algo além de um cão, e este algo é a coleção de genes que está guardada no núcleo de suas células. O genoma. Seres vivos, por definição, transmitem algo à prole. Na origem da vida, portanto, está a hereditariedade. O primeiro gene não precisava respirar ou liberar excrementos de forma reconhecível para nós, usuários de oxigênio e privadas. Na verdade, ele só precisava ser capaz de criar cópias de si mesmo. Cópias que, diferentemente do fogo, fossem elas mesmas em quaisquer circunstâncias.

A hereditariedade é sujeita a falhas – e essa talvez seja sua característica mais importante. O primeiro gene às vezes sofria erros de cópia. Em geral, esses erros eram deletérios para esses filhotinhos de molécula. Mas, volta e meia, um erro, por acaso, conferia uma vantagem reprodutiva, e aumentava a eficiência daquela entidade rudimentar, na fronteira entre a vida e não-vida. Com erros, há variação, e com variação, há seleção natural. Assim, de pouco em pouco, na base da tentativa e erro, a complexidade aumenta. É por isso que a definição de vida oficial da Nasa é "sistema químico autossustentável capaz de passar por seleção darwiniana".



Bem informados

O que, exatamente, a Nasa quer dizer com "sistema químico autossustentável?" O seguinte: um corpo é uma máquina capaz de coletar recursos do ambiente – água, oxigênio etc. – e usá-los para produzir *mais de si mesmo*. Ele se reconstrói constantemente. Células morrem e são repostas a toque da caixa. Para fazer isso – para se manter vivo –, um corpo precisa combater algo que os físicos chamam de *entropia*. Entropia é o grau de desorganização de um sistema. Um número que mede a bagunça. A entropia de tudo no Universo tende sempre a aumentar – isso é uma lei, a 2ª Lei da Termodinâmica. Um copo cai no chão e a água não volta a seu interior. O ovo se quebra e sua casca não se refaz.

Você, ser humano, é muito organizado. Ou seja: tem entropia baixa. E só está vivo porque consegue evitar que tudo descambe para a bagunça. Sem notar, você mantém uma temperatura de 36,5 °C, controla o nível de açúcar no sangue e a pressão arterial e dilui na medida certa sódio e potássio. Você faz isso negociando entropia com as coisas: um bife entra no seu corpo organizado, com entropia baixa. Sai em forma de um amorfo cocô, com entropia alta. Você pegou os nutrientes dele e transformou em *mais de você*. Assim, sua entropia é mantida sob controle. A essa luta contra entropia damos o nome de vida.

Quem rege o combate à entropia, no seu corpo, é algo chamado *informação*. Do tipo que se mede em megabytes, mesmo. Se o seu corpo fosse um arquivo de computador, seria um arquivo grande, pois coisas muito organizadas exigem muitos megabytes. Os seus megabytes estão armazenados em um HD que se preserva de geração em geração: o DNA. É o DNA que orquestra os processos metabólicos que te mantêm vivo. E, depois que você se reproduz e morre, ele, que é imortal, fica de herança para os seus filhos.

Em 1943, quando as propriedades do DNA ainda não eram conhecidas, o físico Erwin Schrödinger – o do gato de Schrödinger – deu uma série de palestras para leigos no Trinity College, em Dublin, em que especulava sobre vida, entropia e informação – e propunha que precisava haver uma molécula capaz de armazenar dados. ❸

Em 1944, um ano depois, Oswald Avery descobriu que essa molécula era o DNA. E, em →

1953, Francis Crick e James Watson decifraram a intrincada forma como ele guarda o manual de instruções do seu corpo – em uma parceria conturbada com Rosalind Franklin e Maurice Wilkins. Começava uma revolução na biologia, em que se descobriu que todos os seres vivos compartilham um maquinário microscópico único, com três moléculas mutuamente dependentes: o DNA, o RNA e as proteínas. Hora de conhecê-las – e entender como elas elucidam a origem da vida.

Três suspeitos de um crime

Por um lado, a origem da vida está em uma molécula replicadora, capaz de armazenar e transmitir informação hereditária. Por outro lado, sabemos quais são as moléculas mais importantes em qualquer ser vivo: DNA, RNA e proteínas. Este é, portanto, um mistério de detetive. É preciso analisar as capacidades, funções e defeitos das três num ser vivo contemporâneo para entender qual delas é a suspeita mais provável de ser a replicadora original. Um "crime" longínquo, que ocorreu há não mais que 4,2 bilhões de anos.

Vamos dar uma de Agatha Christie. Começando com as proteínas, os burros de carga da vida. Seus músculos são feitos de proteínas (actina e miosina). Suas unhas (queratina) também. São proteínas que digerem os carboidratos que você come (amilase) no momento em que eles tocam a saliva. Na verdade, a função do DNA é armazenar instruções para a fabricação das nossas 92 mil proteínas. Só isso. Uma vez fabricadas, elas cuidam do resto. A favor das proteínas, portanto, temos que elas fazem tudo.

E contra? Bem, proteínas são cadeias de componentes químicos menores chamados aminoácidos. Os aminoácidos têm nomes que soam como uma reunião de idosas psicodélicas: lisina, alanina, leucina... São 20, ao todo. A ordem em que eles são enfileirados é essencial. Precisa ser perfeita. Um único aminoácido fora do lugar e você terá uma proteína inútil em mãos. É que proteínas se dobram, como novelos de lã embaraçados, e é a dobra que define a função. O colágeno, por exemplo, contém 1.055 aminoácidos, dobrados com precisão de origami.

A origem da vida requer que uma molécula razoavelmente funcional surja de condições simples. E esperar uma proteína brotar do nada é como escrever *Dom Casmurro* dando com a testa no teclado. Esquece. É o tipo de milagre que não acontece. Se você tivesse jogado na loteria todo ano, da formação da Terra até hoje, já teria dado para ganhar 77 vezes – é uma obrigação estatística. Não teria dado tempo, porém, de formar algo como o colágeno. A chance de uma proteína como o colágeno se formar espontaneamente em uma piscina de aminoácidos é de uma em 20 seguido de 1.055 zeros.

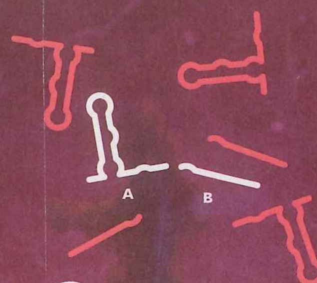
"Legal", você dirá, "é óbvio que nenhuma obra começa com os tijolos se empilhando sozinhos. Ela começa com o arquiteto. A primeira molécula, então, foi o DNA". Para avaliar o palpite, é essencial entender como, exatamente, uma molécula de DNA é capaz de dar instruções.

Imagine o DNA como um colar de miçangas químico. Há uma miçanga chamada adenina (A). Outra chamada guanina (G). Ao todo, são quatro miçangas: A, T, C e G. Elas se chamam nucleotídeos, e ficam penduradas numa espécie de cordão, assim: ATGGCTCTAGG... A parte mágica é que cada aminoácido tem um encaixe químico perfeito com um grupo de três letrinhas do DNA. A lisina, por exemplo, só adere às sequências AAA e AAG. Já a leucina gosta de CTA ou CTG. E assim, de três em três letras, o DNA anota a receita das proteínas.

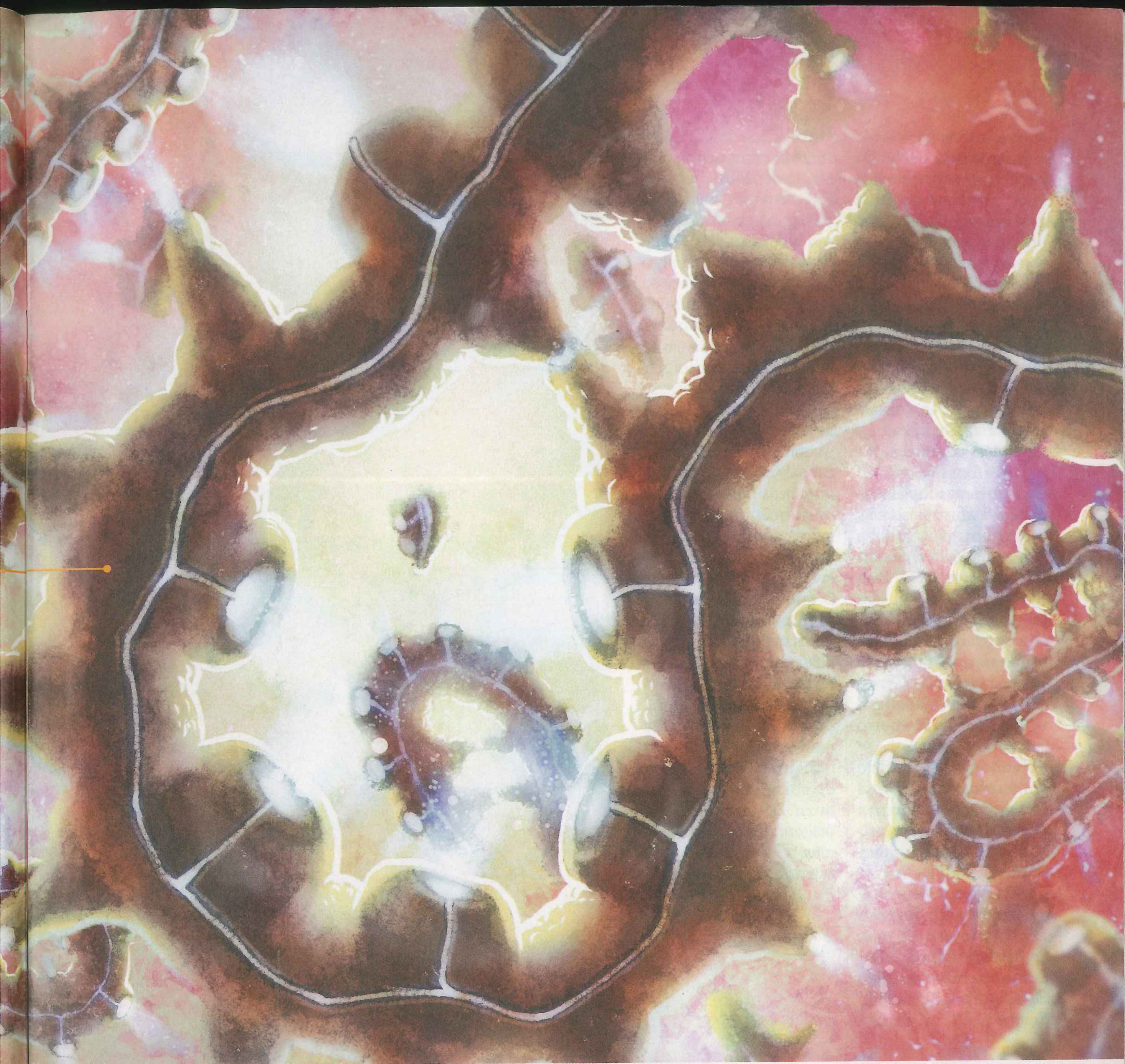
O problema é que o DNA só serve para anotar as receitas, mesmo. Ele é incapaz de executá-las. Há aqui um problema de ovo e galinha: o DNA é o manual para produzir proteínas, mas não consegue, de fato, produzi- -las. As proteínas, por sua vez, são complexas demais para terem simplesmente surgido – e não têm uma estrutura boa para armazenar informação. →

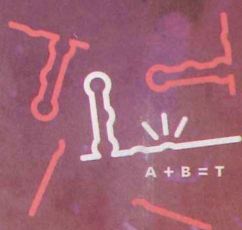
O primeiro replicador

Como uma molécula inanimada "se reproduz".

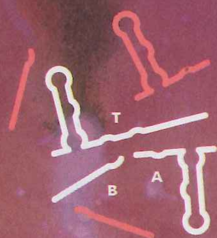


1 **SOPA PRIMORDIAL**
Comece com uma piscina com duas moléculas, A e B.

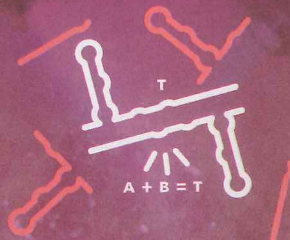




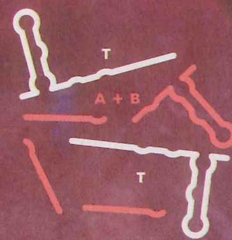
2 **AMIGAS PARA SEMPRE**
Elas se unem por acaso e formam uma terceira molécula, chamada T.



3 **É O AMOR...**
Outras A e B que estão soltas se encaixam com uma ajudinha de T.



4 **NASCEU!**
Elas se unem e formam o quê? Mais T. Ou seja: T se "reproduziu".



5 **DOMINAR O MUNDO**
Daí em diante, o número de Ts na população aumenta. Rápido.

Hora de ir para o terceiro suspeito, o RNA. Dá para imaginar cada célula viva (você é composto de 37,2 trilhões delas) como uma minúscula cidade, em que os executivos ficam no centro, e os operários, na zona industrial. Por isso, há um grupo de moléculas especializado em ligar os bairros: ir até o DNA, coletar as receitas de proteínas e levá-las para a fábrica. Depois, no interior dessas fábricas (chamadas ribossomos), são essas mesmas moléculas que montam as proteínas, tijolo por tijolo. O nome dessas moléculas de função logística é RNA. Para "ler" o código do DNA, elas precisam ser estruturadas como ele: uma sequência de miçangas químicas. Há só uma letrinha diferente: A, U, C e G (a letra U equivale ao T). Por outro lado, o RNA consegue se dobrar sobre si próprio em formas complexas e catalisar reações químicas, exatamente como as proteínas. Bingo. É o meio-termo que a vida precisa para surgir. Cérebro e músculo em um lugar só.

O mundo RNA

Em 2003, em um instituto de bioquímica chamado Scripps, na Califórnia, Gerald Joyce e Tracey Lincoln criaram uma molécula de RNA chamada R3C. ④ Veja ela em ação na página 26. ⑤

Antes de entender por que R3C é importante, algo precisa ser dito sobre as letrinhas de RNA: elas formam pares. O nucleotídeo G só gruda em C, o nucleotídeo A só gruda em U. Essas duplas se atraem feito ímãs de polaridades opostas. Assim, quando você sacode um tubo de ensaio de R3C, algumas das suas letrinhas se encaixam, ele se dobra e fica com a forma de um grampo de cabelo. O resultado é uma habilidade peculiar: R3C começa a catalisar uma reação química cujo resultado é mais dele mesmo. Ele vira uma máquina de xerox que só faz mais R3C. Isso o torna um exemplo perfeito de molécula inanimada que faz uma malandragem de coisa viva: se reproduzir. Ele pode não ser a origem da vida na Terra, mas tem currículo para assumir o cargo. Outros

Micróbios para qualquer parada



Clostridium paradoxum

TEMPERATURA 30 °C A 65 °C, IDEAL 56 °C
LOCAL ESGOTO EM TRATAMENTO
PRECISA DE OXIGÊNIO? NÃO

É como viver mergulhado num copo de desinfetante em um dia quente no Saara. E achar ótimo.



Chroococcidiopsis sp.

TEMPERATURA DIVERSAS
LOCAL PEDRAS, DO ATACAMA À ANTÁRTIDA
PRECISA DE OXIGÊNIO? NÃO

Faz fotossíntese com um tipo de luz solar que nenhuma planta usa – e poderia injetar oxigênio na atmosfera de Marte para nós.

No mundo da lua

Titã (esquerda) e Europa (direita): duas promessas de vida no Sistema Solar.

A atmosfera de nitrogênio é tão espessa que fica opaca. A sonda Huygens atravessou o gás e pousou lá em 2005.

Os gélidos rios de metano podem abrigar formas de vida exóticas.

Montanhas e vales de gelo abrigam um "ciclo do metano": lagos, rios, nuvens e chuvas da substância.

Entre as duas camadas de gelo, há um oceano oculto.

O núcleo rochoso também é revestido por uma camada de gelo sob pressão.

SUPERFÍCIE | CAMADA DE GELO | OCEANO SUBTERRÂNEO | GELO SOB ALTA PRESSÃO | NÚCLEO

TITÃ

Localização
Lua de Saturno
Diâmetro
40,4% da Terra
Temperatura média na superfície
-179,5 °C

Fontes ① Dados do Planetary Habitability Observatory (PHO), da Universidade de Porto Rico em Arecibo. ② *A Grande História da Evolução*, Richard Dawkins. ③ *O Que é Vida?*, Erwin Schrödinger. ④ *Criação: a Origem da Vida*, Adam Rutherford.

Extremófilos - micróbios adaptados a ambientes inóspitos - ensinam como pode ser a vida em planetas bem diferentes do nosso.



Pyrococcus furiosus

TEMPERATURA 73 °C A 103 °C, IDEAL 100 °C

LOCAL FONTES HIDROTERMAIS

PRECISA DE OXIGÊNIO? NÃO

Especialista em viver no fundo do mar, poderia se dar bem em um lugar como a lua Europa (veja abaixo).



Deinococcus radiodurans

TEMPERATURA DIVERSAS

LOCAL DIVERSOS

PRECISA DE OXIGÊNIO? SIM

A bactéria mais durona do mundo, segundo o Guinness: aguenta 5 mil Gy de radiação gama - um humano pode morrer com cinco.



Em 2023, a sonda Europa Clipper tentará coletar amostras d'água ao longo de 45 rasantes.

A água aquecida fura o gelo e é expelida na forma de imensos *geysers*.

Manchas cor de ferrugem na superfície podem conter sais minerais - e material orgânico que foi exposto à radiação de Júpiter.

O interior rochoso, aquecido pela força das marés de Júpiter, contém fontes hidrotermais. Ambiente ideal para a vida.

A camada de gelo de 15 km pode ser dividida em placas tectônicas como as da Terra.

NÚCLEO DE FERRO | ROCHA | OCEANO SUBTERRÂNEO | GELO

EUROPA

Localização
Lua de Júpiter

Diâmetro
24,5% da Terra

Temperatura média na superfície
-171,1 °C

RNAs, com outras dobras, exercem outras funções. Juntam aminoácidos, produzem membranas... E aí a união faz a força. "Se você dá tempo ao tempo, moléculas começam a se juntar ao acaso; depois, se juntam porque outras moléculas ajudaram. Assim, elas ganham mais habilidades. Elas estavam submetidas à seleção natural", explica Carlos Menck, geneticista da USP. É por causa do sucesso de experimentos como esse que hoje o pioneirismo do RNA é praticamente consenso entre cientistas. Se os primeiros seres vivos não foram moléculas de RNA, é difícil imaginar o que eles possam ter sido. Essa hipótese - de que a vida na Terra é resultado de uma criativa start-up de RNAs fundada há 4,2 bilhões de anos - tem o nome de "mundo RNA".

RNA: origens

Então dá para fazer vida a partir de RNA. Mas como fazer RNA? O fato mais notável sobre os ingredientes do seu corpo é que eles não têm absolutamente nada de notável. Pegue, por exemplo, o cianeto de hidrogênio (HCN). Ele se forma aos montes na poeira interestelar. É tóxico para qualquer forma de vida que respira oxigênio. Foi usado extensivamente como arma química na 1ª Guerra Mundial. Mesmo assim, junte cinco moléculas de HCN e você consegue uma molécula de $H_5C_5N_5$ - vulgo adenina, peça central do DNA, do RNA e do ATP (tão importante para você quanto uma bateria de lítio é para um celular). Em outras palavras, seu código genético e seu metabolismo dependem de um hardware cujas peças, encaixadas de outra forma, são um meio eficiente de te matar. ⑥

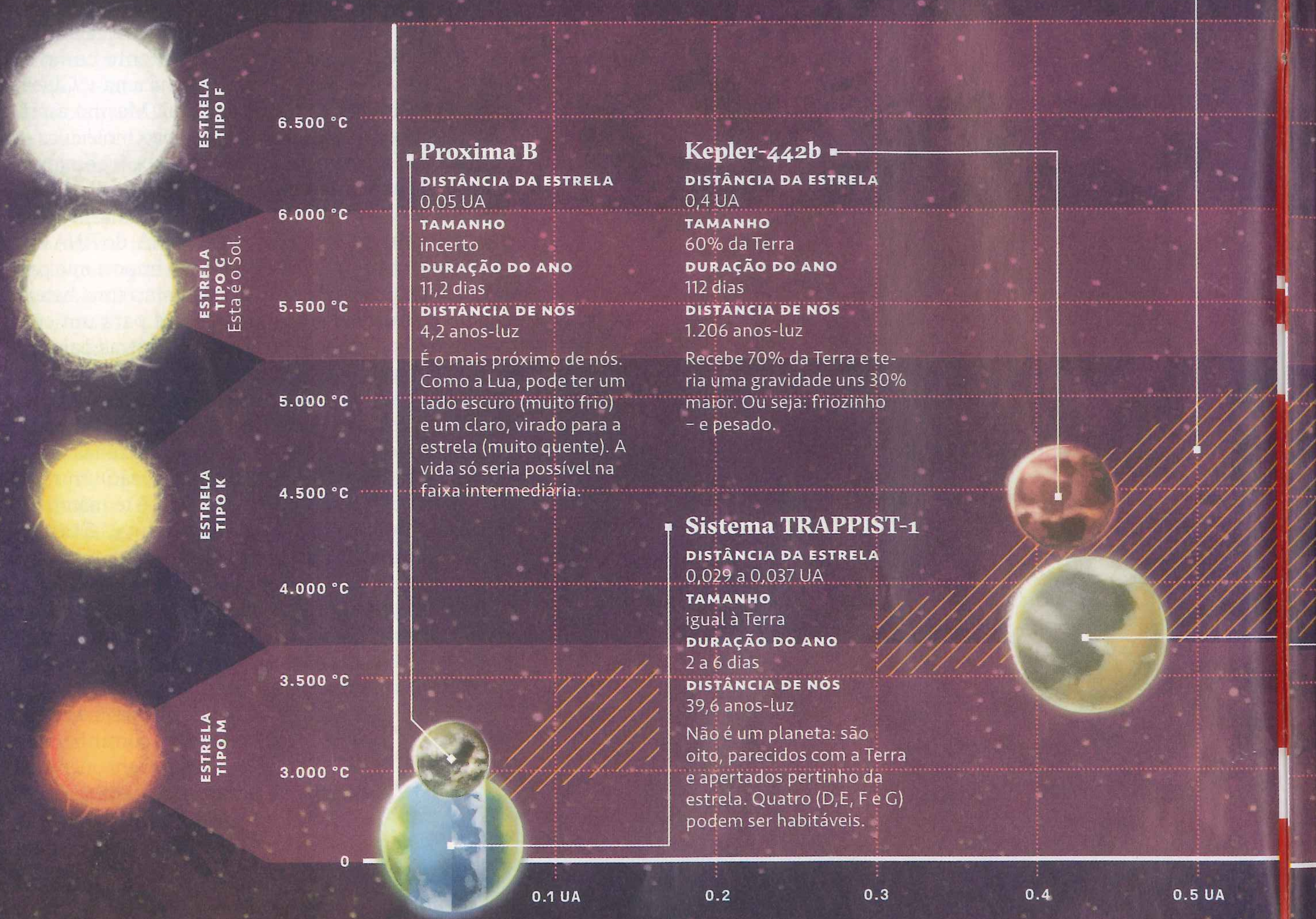
Em 1953, Stanley Miller, pós-graduando da Universidade de Chicago, tentou, pela primeira vez, gerar algo vivo a partir de ingredientes inanimados. Ele sabia que a atmosfera da Terra primitiva continha substâncias extremamente comuns no cosmos, como hidrogênio, metano (CH_4) e amônia (NH_3). Miller passou vapor de água →

Fontes ⑤ *Self-Sustained Replication of an RNA Enzyme*, Tracey A. Lincoln and Gerald F. Joyce. ⑥ *Microcosmos*, Lynn Margulis e Dorion Sagan. ⑦ *A production of amino acids under possible primitive Earth conditions*, Stanley Miller e Harold Urey. ⑧ *Chemists find a recipe that may have jump-started life on Earth*, revista *Science*, 2018.

As muitas Terras que há no céu

Conheça alguns exoplanetas - planetas de outras estrelas - com potencial para vida.

1 **ZONA HABITÁVEL**
Para abrigar vida dependente de água líquida, como a nossa, um exoplaneta não pode ficar nem tão longe de sua estrela que ela congele, nem tão perto que ela evapore. O nome dessa região é **zona habitável**.



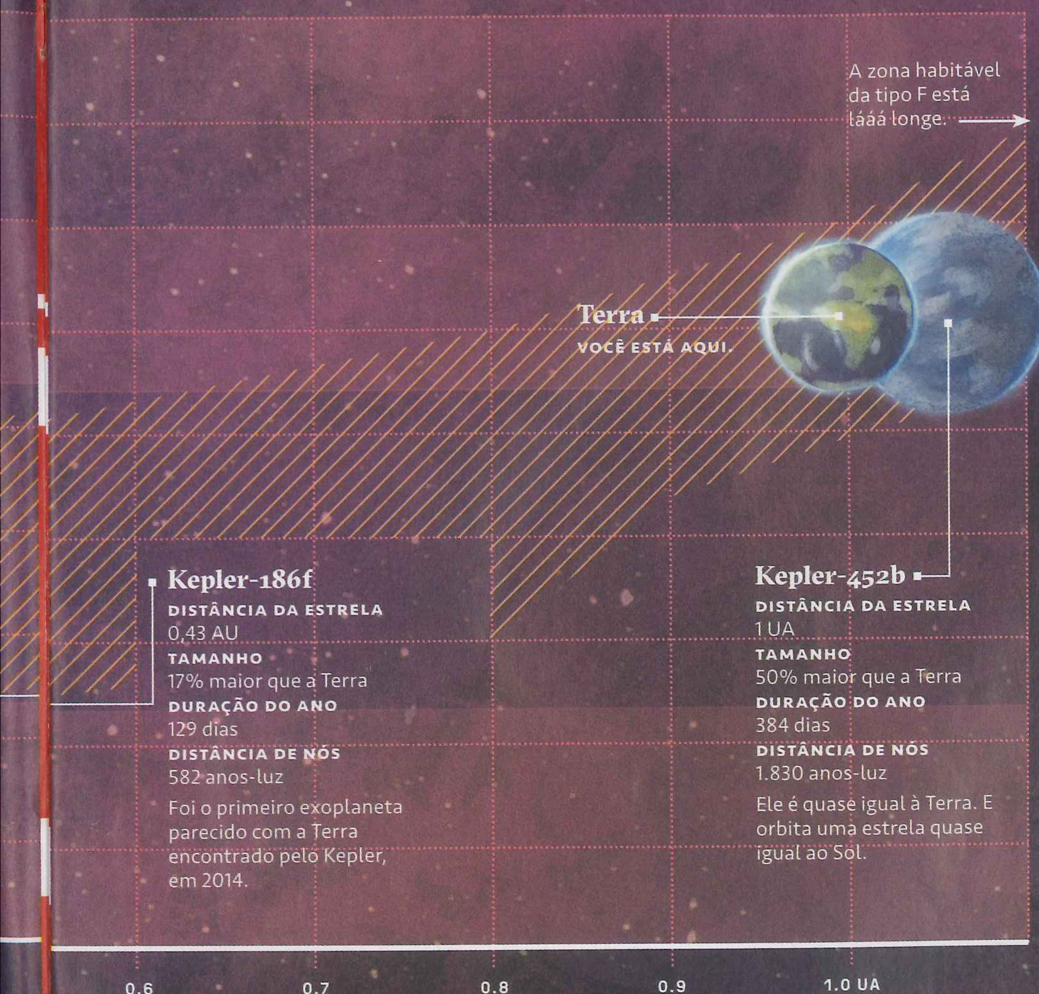
Como detectar EXOPLANETAS

TELESCÓPIOS COMO O KEPLER descobrem exoplanetas pela sombra que fazem quando passam na frente de suas estrelas. Entenda no gráfico – a linha laranja indica variações no brilho da estrela.



2 **SOL DE RACHAR**
Estrelas são classificadas por temperatura. Cada faixa de temperatura é chamada por uma letra, e tem cor e tamanho característicos – veja o gráfico. Quanto mais quente é uma estrela, mais longe fica a sua zona habitável.

3 **COMO LER O GRÁFICO**
A distância entre um planeta e sua estrela é medida em UAs – a distância entre o Sol e a Terra (149 milhões de km). Planetas de estrelas frias precisam ficar bem mais perto delas para receber o mesmo calor que a Terra.





por essas substâncias e adicionou energia elétrica – simulando uma chuva pré-histórica e a radiação ultravioleta do Sol. E esses compostos básicos se juntaram para formar aminoácidos, que formam as proteínas. [7]

Hoje, há muitos Millers por aí. Eles já sabem que proteínas não são o caminho, então tentam criar RNA. Em 2009, uma equipe da Universidade de Cambridge encontrou um caminho convincente para fabricar citosina (C) e uracila (U). Mais recentemente, em 2016, Thomas Carell, da Universidade Ludwig Maximilian, chegou a uma receita igualmente plausível para a adenina (A) e a guanina (G). Neste ano, Carell juntou os dois processos em um: com oxigênio, nitrogênio, metano, amônia, água e cianeto de hidrogênio (nosso amigo HCN), fez os quatro nucleotídeos aparecerem na mesma mistura. [8]

Ou seja: o que define a vida não são os tijolos que ela usa (eles são banais), mas a maneira como eles se encaixam e interagem. Assim, um bom ponto de partida para encontrar vida fora da Terra é ir atrás de lugares em que os tijolos são abundantes.

Bactérias de gelo e fogo

Titã, a maior das 62 luas de Saturno, é uma espécie de gêmea má (e menor) da Terra. Imagine o seguinte: na superfície, onde a temperatura média é de 179,5 °C negativos, há cordilheiras, ilhas, planaltos e planícies como as nossas. Que, em vez de rocha, *são feitos de gelo*. Até a areia é granizo. Para completar a paisagem →

exótica, o metano, que conhecemos como um gás, fica em estado líquido no frio de Titã. Há rios, lagos, nuvens e chuva de metano [*veja pág. 28*]. Um ciclo hidrológico completo. Por causa disso, Titã é um teste para a onipresença da vida no Universo. Se alguma molécula de função análoga ao RNA se formasse usando metano como solvente, em vez de água, seria a prova de que há mais de um jeito de criar, nas palavras da Nasa, "sistemas químicos autossustentáveis". Outras químicas exóticas – como moléculas baseadas em silício, em vez de carbono, em uma solução de nitrogênio líquido – também já foram consideradas para astros extremamente frios. ❾

Já Europa, lua de Júpiter, está mais próxima de um oásis de vida como a conhecemos. Debaixo da crosta de gelo de 15 km que envolve o planeta, há um oceano de 100 km de profundidade – nove vezes mais fundo que o local mais fundo da Terra, a Fossa das Marianas, no leito do Pacífico. O fundo desse oceano oculto entra em contato direto com o núcleo rochoso. O calor é fornecido por algo chamado força de maré: a maneira como a gravidade de Júpiter puxa e repuxa a lua em sua órbita. Com o calor, a água se aquece. Muito. Às vezes, um jato d'água perfura a camada de gelo e emerge na superfície. É expelido no espaço aberto como um vulcão. Em 2012, o telescópio Hubble fotografou uma dessas erupções: ela tinha 20 vezes a altura do Everest. Dado o que já sabemos da Terra, uma fonte de calor, uma superfície mineral e uma coleção de moléculas orgânicas são uma combinação propícia à vida.

O que espera-se encontrar em lugares como Titã e Europa? Com muita sorte, micróbios. Nas palavras de Edward O. Wilson, de Harvard, "qualquer que seja a condição da vida alienígena, quer ela floresça na terra firme e no mar, quer ela apareça apenas em pequenos oásis, ela consistirá majoritária ou inteiramente em micróbios". Wilson se baseia, é claro, no fato de que a vida na Terra consiste majoritariamente em micróbios. O planeta é deles. Cada centímetro cúbico de esponja de pia suja contém 54 bilhões de bactérias de 362 espécies. As que não gostam de pia podem viver em lagos de soda cáustica, na água fervente de chaminés submarinas e até no caldo ácido de rejeitos de mineração. Por 3,5 bilhões de anos, toda a vida na Terra foi unicelular, e não há um ambiente a que bactérias não se adaptem. Um dos pilares do estudo da vida alienígena são justamente esses bichinhos sem frescura – que, de semelhantes a nós, não têm muito mais que o DNA. Eles mostram o caminho para sobreviver em praticamente qualquer situação [*veja pág. 28*].

Se uma sonda enviada a Europa – caso da Europa Clipper, planejada pela Agência Espacial Europeia (ESA) para 2023 – analisasse amostras de material orgânico ejetadas pelos vulcões d'água, teríamos uma oportunidade única de detectar indícios de vida microscópica.

Muito, muito distante

Luas são uma coisa. Mas e os planetas de outras estrelas – os *exoplanetas*? Bem: coletar material de análise *in loco* ainda é uma meta utópica. Não há uma tecnologia de propulsão que dê conta sequer de alcançar Proxima Centauri – a estrela mais próxima do Sol, que abriga um planeta com potencial para ter água líquida [*veja pág. 30*]. Também não há nada que nos permita observar diretamente um exoplaneta: eles não emitem luz própria, e a quantidade de luz refletida não é suficiente para alcançar nossos olhos.

Na verdade, telescópios caçadores como o recém-aposentado Kepler usam truques bem mais sutis para detectar exoplanetas. ❿ Da sombra que o planeta faz quando passa na frente de sua estrela, é possível deduzir seu tamanho [*veja pág. 30*]. Da maneira como a estrela oscila, sai a massa – pois estrelas "dançam" um pouquinho em resposta à gravidade de seus planetas. Tendo em mãos tamanho e massa, calcula-se a densidade – que diz, por exemplo, se o planeta é sólido ou gasoso. Por último, caso o planeta tenha atmosfera (como o nosso), a luz da estrela que atravessa a atmosfera antes de nos alcançar carrega

Equação de Drake

$$N = R^* \cdot f_p \cdot n_e \cdot$$

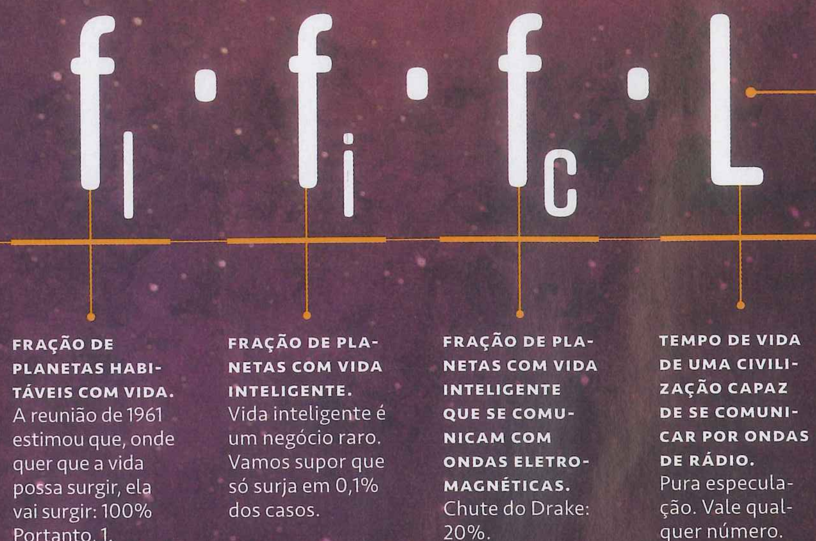
O RESULTADO. O nº de civilizações inteligentes na Via Láctea. Para calculá-lo, multiplique os números ao lado.

TAXA ANUAL DE PRODUÇÃO DE ESTRELAS NA VIA LÁCTEA. São 7 por ano, segundo um estudo de 2006.

FRAÇÃO DE ESTRELAS QUE TÊM PLANETAS. Esse número pode ser próximo de 100%. Portanto, $f_p = 1$.

FRAÇÃO DE ESTRELAS COM PLANETAS HABITÁVEIS. A estimativa mais recente é 40%. Logo, $n_e = 0,4$.

Apresentada pelo astrônomo Frank Drake numa reunião de 11 cientistas realizada em 1961, ela calcula o número de civilizações inteligentes da Via Láctea.



A SOLUÇÃO DA **SUPER** DEU **56** OU SEJA: TEMOS COMPANHIA!

Advertência: a equação de Drake não é feita para ser resolvida, e sim contemplada. Coloque os valores que quiser. E divirta-se.

A equação de Drake

A equação ao lado foi rabiscada pelo astrônomo Frank Drake em 1961 (reza a lenda, num boteco), e serve para calcular quantas civilizações inteligentes há na Via Láctea – o valor N. Faça uma pausa na leitura destas linhas e **acompanhe as legendas** para compreendê-la.

É difícil, claro, cravar um valor preciso para essas variáveis. Conforme o otimismo de quem atribui os números, dá para concluir que há 20 ou 50 milhões de civilizações compartilhando a galáxia conosco.

Um pessimista diria que a vida inteligente, na verdade, é algo estúpida. E, por isso, rara. Faz pouco mais de um século que aprendemos a nos comunicar por longas distâncias via rádio; mesmo assim, estamos à beira da autodestruição: bombas nucleares, aquecimento global, ecossistemas desequilibrados... Se todas as civilizações forem tão danosas para si próprias quanto a nossa, elas podem ser como bolhas que emergem e desaparecem por aí constantemente, sem nunca alcançar um estágio tecnológico realmente avançado. Essa seria a explicação para o silêncio aterrador do cosmos.

Um otimista em excesso, por outro lado, talvez não ficasse tão feliz assim em encontrar ETs mais inteligentes que nós. Na biologia, há um conceito chamado *fenótipo estendido*. Ele consiste no raciocínio de que não há diferença entre a concha produzida pelo corpo de um caracol e o dique que um castor constrói entrelaçando madeira: ambos são manifestações visíveis de um instinto, gravado nos genes. Uma cidade iluminada à noite não é bem um exemplo de fenótipo estendido: nossa inteligência e cultura atingiram um estágio tal que erguer construções não é mais uma mera resposta automática ao instinto de se abrigar. Resta saber se um ET inteligente entenderia isso – ou veria Londres ou Rio de Janeiro como meros formigueiros. Arthur Clark resumiu: "Só existem duas possibilidades: ou estamos sozinhos no Universo ou não estamos. Ambas são igualmente assustadoras". S

consigo informações sobre o coquetel de gases que a compõem.

Esse coquetel, por si só, é uma pista. Por exemplo: a Terra, no início, praticamente não tinha oxigênio na atmosfera. O gás só passou a predominar graças à invenção da fotossíntese (feita inicialmente por cianobactérias; hoje, também pelas plantas). Atmosferas com anomalias desse tipo podem ser indício de ambientes fora de equilíbrio, alterados por seres vivos. "Oxigênio e metano juntos na atmosfera de um planeta são bons indicadores de um processo biológico", diz Abel Méndez, diretor do Laboratório de Habitabilidade Planetária da Universidade de Porto Rico, em Arecibo. "Qualquer um dos dois poderia ser produzido sozinho por um processo não biológico, mas se são produzidos juntos, um reage com o outro e ambos somem. Precisa haver um processo biológico fazendo a reposição constantemente."

Fontes [9] *A química da vida como não conhecemos*, Pabulo Henrique Rampelotto [10] *Transit Light Curve Tutorial*, Andrew Vanderburg e *Doppler spectroscopy as a path to the detection of Earth-like planets*, Michel Mayor.